피부 나이 측정을 위한 피부 현미경 영상에서의 피부 거칠기 추출

유제혁 [1], 석장미 [2], 황인준 [1]
고려대학교 전기전자전파공학과 [1], P&K 피부임상연구센타 [2]
e-mail : {rjh1026, ehwang04}@korea.ac.kr[1], rose1130@pnkskin.com[2]

Extracting skin roughness from dermoscopy images for skin age estimation

Jehyeok Rew[1], Jangmi Suk[2], Eenjun Hwang[1]
Dept. of Electrical Engineering, Korea University[1],
P&K Skin Research Center[2]

요 약

영상 분석을 통한 특징 추출은 객체의 인식이나 매칭, 인덱싱 등을 위해 수반되는 준비 단계로서 분야별로 다양한 방식을 통해 수행되어 왔다. 특히, 피부 영상 분석에 있어 주목할 만한 이슈는 피부의 노화 정도를 측정하는 것이다. 피부의 거칠기는 피부의 상태와 노화를 판단하는 중요한 근거의 하나이다. 본 논문에서는 피부 나이를 측정하기 위해 피부 현미경 영상에서 피부 거칠기를 평가하는 방법을 제안한다. 이를 위해 피부 현미경으로 촬영된 이미지에 이진화 및 질감 대비 향상, 노이즈 제거 등의 전처리 과정을 수행하고, Watershed 알고리즘과 외곽선 검출을 통해, 피부를 구성하는 셀들의 영역 정보를 획득한다. 이를 바탕으로 피부 거침의 변화량을 계산하여 거칠기를 정의한다. 제안한 방법의 효과를 검증하기 위해 다양한 연령대의 피험자로부터 피부 현미경 영상을 확보하고 실험을 통해 피부 거칠기 특징이 피험자의 연령대와 상관관계가 있음을 보인다.

1. 서론

최근 생체 영상 분석을 통해 사용자의 건강 상태를 측정하는 기법이 다양하게 연구되고 있다. 특히 의공학과 생체정보공학 분야에서는 인체의 특정 부분을 분석하여 의학적 진단에 활용하는 사례가 증가하고 있다. 이러한 사례 중 사람의 피부를 분석 대상으로 활용하는 연구는 지문 인식이나 영상 인덱싱 등에서 활발하게 다루고 있다.

인체의 노화가 진행될 수록 외적으로도 급격한 변화가 나타나며 피부에서 현저한 특징들이 나타나는 경향을 보인다. 그 예로 노화에 의해 피부는 전체적인 탄력도가 감소하고 주름이 깊어진다. 또한 주름과 주름이 연결되어 이루는 다각형을 셀(cell)이라 정의할 때, 피부를 구성하는 셀들의 크기가 증가하며 중력 방향으로 치우치는 경향을 보인다. 이러한 추세의 분석은 피부 상태 진단 및 피부 치료 등 의학적인 용도로 사용될 수 있으며 피부 관리를 위한 미용적인 용도로도 활용할 수 있다.

이전 연구[1, 2]에서는 일상생활에서 비교적 손쉽게 구할 수 있는 피부 현미경 영상을 통해 피부의 주름과 관련된 특징을 추출하고 그에 따른 피부 나이를 도출하였다. 영상 처리 측면에서 접근하여 피부의 주름 정보 및 피부를 구성하는 셀들의 개수, 셀들의 면적 등을 측정하였으나 피부 나이를 더 정확하게 예측하고 판별하기 위한 특징 검출 기술이 추가적으로 필요하였다. 본 논문에서는 영상 처리 기법을 이용하여 나이에 따른 피부 거침 정도의 변화를 하나의 특징으로 검출한다.

본 논문의 주요 부분은 다음과 같다. 2 장에서는 피부 특징 추출에 대한 관련연구를 설명하고, 3 장에서는 피험자들로부터 획득한 피부 현미경 영상을 토대로 피부 거칠기 변화량 특징을 검출하는 방법을 설명한다. 4 장에서는 실험을 통해 실제 피험자의 연령대와 검출된 특징이 상관관계가 있음을 보인다.

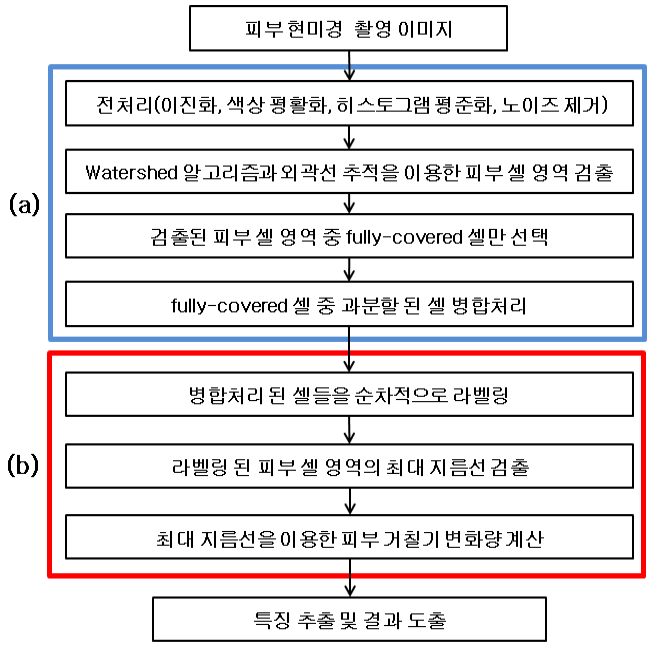
2. 관련 연구

피부 나이를 측정하기 위해 다양한 특징 검출 방법들이 제안되었다. 대표적으로 피부 주름의 넓이와 깊이, 피부를 구성하는 셀의 개수와 넓이, 피부 거칠기 등을 사용하였다. Yaobin[3]등은 디지털 현미경으로 피부를 촬영한 후 그레이 스케일 값을 갖는 영상으로 전환하였다. 그리고 노이즈를 제거하는 전처리 과정을 거치고 Watershed 알고리즘[4]을 적용하여 주름을 추출하였다. 주름으로 둘러싸인 셀들의 넓이와 개수의 비를 특징으로 사용하여 나이와의 관계를 연구, 발표하였다. Takemae[5]등은 사람의 신체

부위별 영상을 RGB 값과 HSI 색상 매트릭스를 이용하여 특징을 추출하였다. Hue, Saturation, Intensity 의 변화량과 하얀색과 검은색을 갖는 픽셀들의 수 등의 특징을 추출하여 학습 모델의 입력 값으로 사용하였다. 학습된 모델을 이용하여 피부 나이를 구별하는 방법을 제안하였다. 또한 Miyamoto[6]등은 촬영된 디지털 현미경 피부 사진을 이용하여 피부의 주름 방향과 치우침에 관련한 특징 벡터들을 추출하였다. 이러한 특징 벡터들은 실제 10-70 대의 연령 분포 그룹과 매우 밀접한 상관관계가 있음을 발견하였다. Jacobi[7]등은 광학 3D 영상 현미경 이미지와 스펙트럼 측정 모델링 방법 등을 통해 피부의 주름과 거칠기를 측정하는 연구결과를 발표하였다.

3. 피부 거칠기 특성 추출 방법

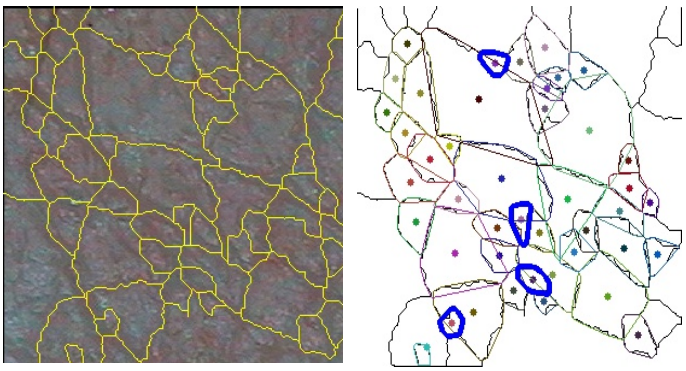
앞서 주름과 주름이 연결되어 이루는 다각형을 셀(cell)이라 정의하였다. 이전 연구에서는 피부를 구성하는 셀을 경계선을 기반으로 분할하는 방법을 제안하였으며 그 결과로 셀의 개수와 넓이, 과분화된 셀의 개수를 검출하였다. 실제 제안된 방법으로 측정한 결과, 나이가 증가함에 따라 피부를 구성하는 셀의 개수와 과분화된 셀의 개수는 감소되는 추세를 보였으며, 셀의 넓이는 증가하는 추세를 보였다. 또한, 피부는 노화가 진행될수록 중력의 방향에 따라 기울어지며 거칠기가 상승하는 경향을 가진다. 이에 근거하여 정량적이고 수치적인 결과를 도출하기 위해 피부의 거칠기를 판별하는 방법을 제안한다. 피부 거칠기를 측정하기 위한 과정은 그림 1 과 같다.



(그림 1) 피부 거칠기 변화량 측정 과정

3.1 전처리 과정 및 피부 셀 영역 검출

그림 1 에서 (a)는 전처리 작업과 Watershed 알고리즘을 통해 피부를 구성하는 각 셀의 영역을 정확하게 구분하는 과정을 나타낸다. 전처리 과정은 피부 셀 영역을 정확하게 검출하기 위해 이진화, 색상 평활화, 히스토그램 평준화 및 노이즈 제거 작업을 수행하였다. Watershed 알고리즘은 셀과 셀 사이의 경계를 주름을 기반으로 나누는 데 사용되었고 경계를 외곽선으로 하여 셀 영역을 검출하였다. 검출된 피부 셀 영역 중 외곽선으로 완전히 닫혀 있는(fully-covered) 영역을 유효 셀이라고 정의한다. 유효 셀 중 주름이 과분할 되어 표시되는 경우가 있다. 피부에는 털이나 상처, 모공 등에 의해 존재하지 않는 주름이 생기는 경우가 있는 데 이를 제거하기 위해 과분할 된 셀들을 제거한다. 그림 2 의 좌측은 Watershed 알고리즘에 의해 피부 셀 영역의 외곽선을 검출한 결과이며 우측은 검출된 피부 셀 영역 중 과분할 된 셀 영역의 검출 결과이다.



(그림 2) Watershed 알고리즘에 의해 검출된 피부 셀 영역 및 과분화 된 셀 검출

3.2 피부 거칠기 변화량 검출

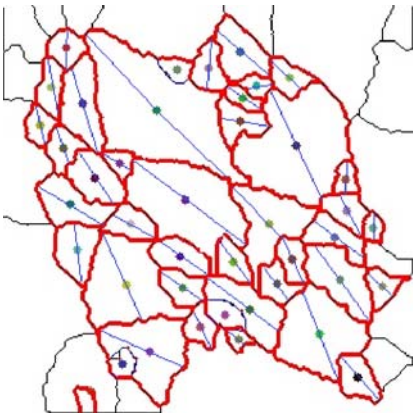
피부 셀의 거칠기 변화량 특징을 측정하는 흐름도와 방법을 그림 1 의 (b)와 그림 3 의 알고리즘에 나타내었다. 우선 3.1 의 전처리 작업과 Watershed 알고리즘, 과분화된 셀의 병합처리를 통해 최종적으로 피부 셀 영역을 검출한다. 검출된 피부 셀 영역을 순차적으로 라벨링 하며, 라벨링 된 셀의 외곽선 좌표 정보를 토대로 셀의 중심 좌표를 판단한다. 또한, 중심 좌표로부터 최대거리를 갖는 셀의 경계선 좌표를 구하여 저장한다. 이로부터 구해진 두 점의 좌표는 셀의 최대 지름을 나타내며, 이는 셀이 기울어진 방향과 너비를 나타낸다. 이를 대표 거칠기 변화량 측정선이라 한다. 그림 3 를 통해 구해진 대표 거칠기 변화량 측정선을 그림 4 에 나타내었다.

Input: 이진화 셀 검출 영상 S(x,y), 전체 셀 개수 totalCellNum
Output: 셀 거칠기 cellRough, 평균 셀 거칠기 avgRough

```
1:  while labeledCellNum reach to cellCountNum
2:      for each point p(x,y) in S(x,y)
3:          if(validContour)
4:              contourPixelLocationList←p(x,y)
5:          end if
6:          findCenterLocation
7:          findDistancePoinList←p(x,y)
```

```
8:                for findDistancePointListNum
9:                Calculate_roughLine
10:               end for
11:             if(contourtoCenter)
12:               roughLinePixelList←p(x,y)
13:             end if
14:           end for
15:       Calculate_cellRough
16:       listRough←cellRough
17:       labeledCellNum++
18:     end while
19:     avgRough = listRough / totalCellNum
```

(그림 3) 피부 거칠기 변화량 측정 알고리즘



(그림 4) 대표 거칠기 변화량 측정선

그림 4 는 검출된 피부 셀 영역 중 유효한 셀을 빨간색 선으로 나타내었으며 셀의 최대 지름, 즉 대표 거칠기 변화량 측정선을 파란색 선으로 나타내었다. 대표 거칠기 변화량 측정선 상위에 있는 셀의 그레이 픽셀 값의 변화량을 이용한다. 식 (1)을 통해 하나의 셀이 가지는 그레이 픽셀 값의 변화량을 도출한다.

$$R_t = \frac{\sum_{n=1}^{k} |pixel(n) - pixel(n+1)|}{RoughnessLinePixelCount * 255} \quad (1)$$

전체 셀 중 t 번째 셀이 가지는 거칠기를 R_t라고 정의하고, n 번째 픽셀이 가지는 그레이 픽셀값 pixel(n)은 거칠기 측정 선 위에 위치한 정보를 가지고 측정하였다. 이전 픽셀과의 그레이 픽셀값의 차를 합산하여 대표 거칠기 측정선이라 계산된 픽셀의 수만큼 나누어 거칠기 변화량 R_t을 계산한다. 셀들의 거칠기 변화량을 이용해 피부 영상상의 전체 거칠기 변화량을 구하는 식은 (2)와 같다.

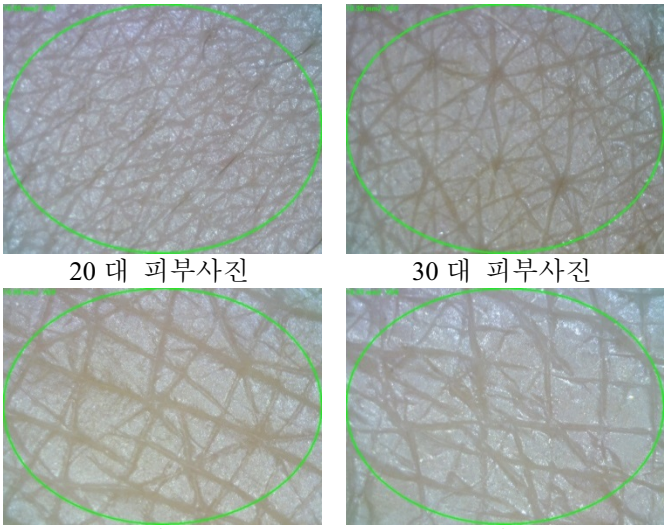
$$R = \frac{\sum_{t=1}^{C} R_t}{C} \quad (2)$$

전체 거칠기 변화량 R 은 각각의 셀 $R_1, R_2, \ldots, R_t$의 거칠기 변화량을 더하여 셀들의 총 개수 C 로 나누었다. 최종 검출된 거칠기 변화량은 4 장에서 그 결과를 나타내었다.

4. 실험 및 결과

4.1 데이터 셋 및 프레임워크 구축

피험자로부터 피부 영상을 추출하기 위해 PSI 웰빙사의 아프로디테-I 의 측정 현미경과 60 배율 렌즈를 사용하였다. 촬영의 대상자는 다양한 연령층의 남/녀로서 피부에 눈에 띄는 병변이 없는 건강한, 20 대부터 50 대 사이의 150 인으로부터 피부 영상을 촬영하였다. 실험을 위해 손등과 얼굴 광대 옆 부위를 촬영하였으며 그림 5 는 실제 수집된 데이터 셋의 예시로 측정 상온 온도와 습도 등 촬영 시 주변 환경을 일정하게 유지하였다. 세안 후 30 분의 시간을 두어 특징의 검출이 고르게 될 수 있도록 실험 환경을 구성하였다.

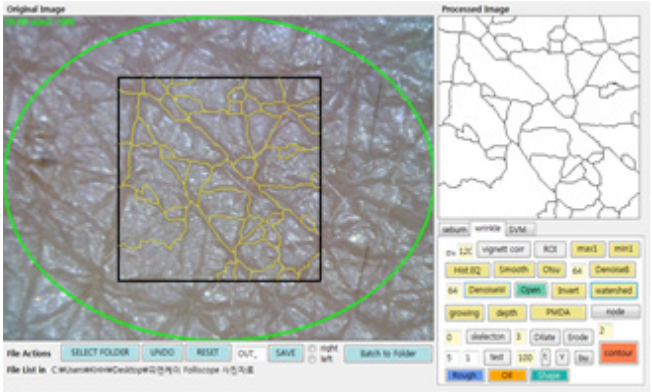


20 대 피부사진 30 대 피부사진

40 대 피부사진 50 대 피부사진

(그림 5) 실제 측정된 피험자의 연령대별 피부 사진

또한 영상처리를 위하여 C#과 EmguCV[8]의 라이브러리를 사용하였다. EmguCV 는 OpenCV 를 C# 환경에 wrapping 한 라이브러리이다. 이전 연구에서 제안된 프레임워크에서 피부 거칠기에 대한 특징을 검출하기 위해, 프레임워크에 기능을 새로이 추가하였다. 그림 6 은 새로이 구축된 C# 프레임워크의 어플리케이션 화면을 나타낸다.



(그림 6) 피부 특징 검출을 위한 C# 프레임워크

4.2 특성 추출 결과

셀의 경계선 정보를 가진 영상을 기준으로 나이 대별로 피부의 거칠기 정보를 도출하였다. 관심영역에서 셀이라고 정확히 인식된 정보만을 가지고 실험을

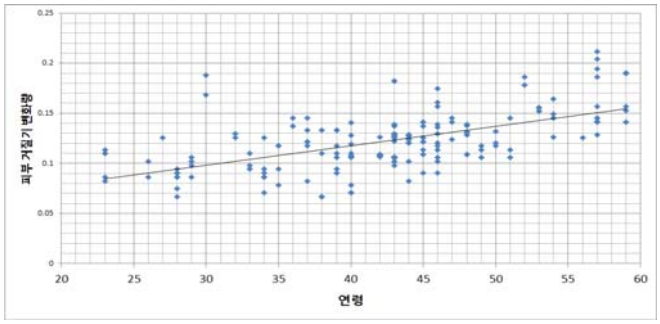
진행하였다. 실험을 위해 촬영된 20 대~50 대의 평균적 총 셀의 개수 및 전체 셀의 평균 거칠기를 각각 도출한 결과는 다음과 같다. 표 1 은 20 - 50 대 사이 150 인에게서 피부 영상을 촬영하여 실험한 결과이다. 또한 실험은 측정 부위에 따라 크게 손등과 얼굴 광대 옆 부분으로 나누어 측정하여 특징의 신뢰도를 높였다. 피부 거칠기의 변화량은 1 에 가까울수록 피부 셀의 변화량이 심하다고 볼 수 있다.

(표 1) 나이대별 평균 셀 개수 및 피부 거칠기 변화

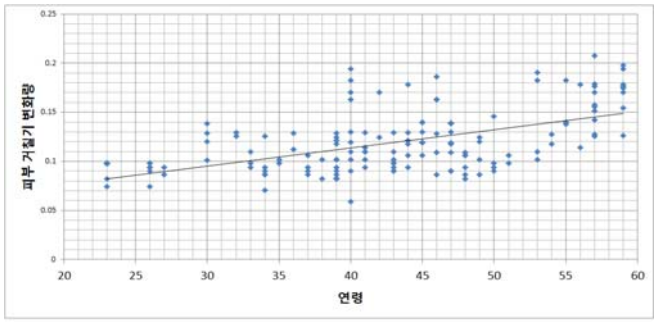
나이대별 피부 거칠기(손등)			
연령대	평균 총 셀 개수	평균 유효 셀 개수	평균 피부 거칠기 변화량
20 대	32	29	0.078
30 대	28	25	0.137
40 대	22	18	0.140
50 대	17	12	0.151

(표 2) 나이대별 평균 셀 개수 및 피부 거칠기 변화

나이대별 피부 거칠기(얼굴)			
연령대	평균 총 셀 개수	평균 유효 셀 개수	평균 피부 거칠기 변화량
20 대	68	63	0.084
30 대	61	55	0.101
40 대	54	48	0.122
50 대	51	45	0.142



(그림 7) 연령대에 따른 피부 거칠기 변화량 추세(손등)



(그림 8) 연령대에 따른 피부 거칠기 변화량 추세(얼굴)

측정된 결과 나이가 많을수록 피부를 구성하는 평균 셀의 개수가 감소하며 피부 셀의 거칠기 변화량은 증가하였다. 그림 7 과 그림 8 은 연령대에 따른 피부 거칠기 변화량의 추세 그래프를 나타낸다. 손등과 얼굴의 경우에 이러한 추세가 동일하게 나타났으며 이는 피부의 노화가 진행 될수록 셀들의 픽셀 값의 편차가 심해진다고 판단 할 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문은 노화가 진행됨에 따라 나타나는 피부의 거칠기 변화량 정보를 하나의 특징으로 사용하였고 피부 나이와 특징이 상관관계를 이루고 있음을 실험을 통해 나타내었다. 피부를 이루는 셀들을 정확히 구분하고 이에 따라 평균 거칠기 변화량 특징을 도출하였다. 결과적으로 피험자의 피부 거칠기 변화량은 사람의 나이에 따라 증가하는 추세를 보이므로, 향후 연구될 피부 나이 예측 모델의 성능 향상에 결정적인 요소가 될 수 있다.

또한 본 논문에서는 데이터 셋을 수집하기 위해 실험환경을 정확하고 일정하게 유지하여 비교적 고른 데이터 셋을 확보할 수 있었다. 이는 향후 개발될 피부 나이 예측 시스템의 학습 및 평가자료로 매우 적합하며 시스템의 활용성을 높이는 데 도움이 될 것으로 판단된다.

6. Acknowledgment

"본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 IT/SW 창의연구과정의 연구결과로 수행되었음" (NIPA-2013-H0502-13-1119)

참고문헌

[1] 최영환, 황인준, "피부 현미경 영상을 통한 피부 특징 추출 및 피부 나이 도출 기법," 전기전자학회 논문지, 제 14 권, 제 4 호, pp. 332-338, 2010

[2] Y.H. Choi et al., "Skin feature extraction and processing model for statistical skin age estimation," Multimedia Tools & Application, Vol. 64, Issue 2, pp. 227-247, 2013

[3] Z. Yaobin et al., "Age-dependent changes in skin surface assessed by a novel two-dimensional image analysis," Skin Research and Technology, Vol. 15, Issue 4, pp. 399-406, 2009

[4] S. Beucher, C. Lantuejoul, "Use of Watersheds in contour detection," In proc. International workshop on image processing, Real-time edge and motion detection /estimation, 1979

[5] Y. Takemae et al., "The evaluating system of human skin surface condition by image processing," IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics , Vol. 1, pp. 218-223, 2000

[6] T. Mclnerney, D. Terzopoulos, "Deformable models in medical image analysis: a survey," Medical image analysis, Vol. 1, Issue 2, pp. 91-108, 1996

[7] U. Jacobi et al., "In vivo determination of skin surface topography using an optical 3D device." Skin Research and Technology, Vol. 10, Issue 4, pp. 207-214, 2004

[8] EmguCV : cross platform .Net wrapper to the OpenCV, http://www.emgu.com/wiki